山藥之品種改良

劉新裕　王昭月　徐原田　宋麗梅
台灣省農業試驗所農藝系

摘　要

山藥爲最重要根莖類作物之一，具高產及富含營養之特色。由於分佈極廣，遍及全部熱帶、副熱帶及其他地區，品種十分繁雜。其種原能否加强蒐集，實爲本省山藥品種改良與生產利用之首要工作。在眾多山藥種原中最具生產力的爲 *D. alata* L.、*D. esculenta* (Lour.) Burk.、*D. rotundata* (L.) Poir.、*D. cayenensis* Lam.及 *D. bulbifera* L.；而就本省而言，*D. alata* L.、*D. alata* L. var. *purpurea* (Roxb.)M.Pouch.、*D.japonica* Thunb. var. *pseudojaponica* (Hay.) Yamam.及 *D. doryophora* Hance亦深具發展潛力。多年來，台灣省農業試驗所即針對上述重要山藥種原積極進行引種工作，至今已有90品系，除了先行繁殖、觀察及進行農藝性狀與產量之調查外，同時另進行開花習性、細胞遺傳及同功異構酶電泳之探討與分析，並繼續進行早熟性、抗病或抗蟲性、成分分析及其他性狀之篩檢工作，以配合山藥選種或育種工作之進行。由於大多數山藥種原不易開花，若有開花亦因其雄株或雌株具不孕性，不易生成種子，故傳統雜交育種工作極爲困難，一般以選擇育種法爲主。本所利用選擇育種法育成山藥台農1號及篩選得到優良品系70W04，此二優良品種(系)共同具備高產、質優、適應性大、耐貯性佳及適合多元化加工及利用之價值，值得促銷推廣。70W04之另一特色爲其葉與蔓產量甚高、營養豐富、且質地細緻可口，有可能成爲本省夏季蔬菜之另一良好供源。

（關鍵詞：山藥、種原、育種、同功異構酶）

前　言

山藥爲薯蕷科(*Dioscoreaceae*)薯蕷屬(*Dioscorea*)之蔓性植物，在我國之栽培歷史極早，如「本草衍義」、「山海經」、「圖經本草」、「新修本草」、「本草綱目」及「齊民要術」等本草古籍均有記載，我國最早之本草藥典「神農本草經」且列山藥爲上品藥材。利用部位爲塊莖(擔根體)，有滋養强壯及止瀉功效，爲常用藥用與保健植物。全球山藥之年產量在1991年約爲24×10^6t，爲熱帶地區生產量僅次於樹薯及甘薯[22]，且營養品質均佳之最重要根莖作物，亦爲國際性重要糧食作物之一[20,30,32,35,40]。由於世界人口仍持續增長，人口成長愈快，糧食益形不足，對於根莖作物尤其是有高產及高品質潛力之山藥之需求將愈大，因在單位時間及單位面積內，根莖作物及甘蔗同爲熱量生產力最大之作物種類[22]。及早培育優良山藥新品種，實爲民食富裕之捷徑。

根據聯合國糧農組織1993年資料[26]記載，1991年世界山藥之收穫面積爲2,546,000ha，依次約爲十年前(1,507,000ha)、1989年(2,104,000ha)及1990年(2,141,000ha)之1.69、1.21及1.19倍。1991年世界山藥之生產量爲23,893,000t，依次約爲十年前(11,579,000t)、1989年(16,995,000t)及1990年(20,966,000t)之2.06、1.41及1.14倍。1991年世界山藥之平均產量爲9,385kg/ha，亦約爲十年前 7,806kg/ha之1.20倍，由此可見山藥在全球之栽培更加普遍，生產量及產量日漸增加，其在面積與生產量之增幅亦爲樹薯、甘薯、芋頭、甚至包含馬鈴薯之根莖作物之冠(表 1)。山藥在世界之產地以非洲爲最大，其1991年之收穫面積達2,414,000ha，約佔當年全球山藥面積之94.8%，且非洲在1991年山藥之年產量爲22,742,000t，亦約爲全球年產量之95.2%，其他地區在面積及年產量兩方面皆遠不如非洲，惟非洲平均山藥公頃產量爲9,422kg/ha，則落後大洋洲之16,123kg/ha及亞洲之12,374kg/ha甚多(表2)。

山藥之種類繁多，全世界薯蕷屬植物約有600種，主要分佈於熱帶及亞熱帶地區，尤以中南美洲最多[12]，其中約有60種可供食用，最具生產力之種原爲 *D. alata* L.、*D. esculenta* (Lour.) Burk.、*D. rotundata* (L6.) Poir.、*D. cayenensis* Lam. 及 *D. bulbifera* L.等[30]。分佈於本省的有14種及5變種[13,14]，而以大薯或田薯(*D. alata* L.)、紫田薯(*D. alata* L. var. *purpurea* (Rox b.) M. Pouch.)、薯蕷(*D. batatas* Decne)、黃藥(*D. bulbifera* L.)、基隆山藥(*D.japonica* Thunb. var. *pseudojaponica* (Hay.) Yamamoto)及恒春山藥(*D.doryophora* Hance)爲主。於1991年命名推廣之本省第一個山藥品種，山藥台農1號，即屬於 *D. alata* 之優良栽培品種。山藥台農1號具有栽培及採收容易、生長旺盛、適應力强、產量高而穩定及品質優越之優點，其塊莖大小適中，皮薄、肉厚、色白及多粘液質，且富含澱粉、蛋白質及多種必需胺基酸，另具礦物元素及維生素等成分，營養價値甚高，可供食用、加工用及藥用，用途廣泛[15,17]。其他山藥品種如基隆山藥、恒春山藥及紫田薯等在本省之栽培生產也有一段時間，栽培技術正不斷改進，其產量及品質也都有相當不錯的表現[10,11]，値得大力硏發推廣。

由於山藥分佈極廣，遍及全部熱帶、亞熱帶及其他地區，品種十分繁雜。因此在進行山藥之引種、選種及育種時，相關品種之鑑定與確認工作極爲重要。一般作物品種鑑別之技術應可適用於山藥，其中較具經濟實用性者爲植株與塊莖或珠芽之外表形態、細胞遺傳、顯微解剖、成分分析、同功異構酶及DNA層次之分析法。近年來同功異構酶電泳法已被廣泛應用於作物之品種與種子純度鑑定[7-9]、基因遺傳[28,31,33]、生理特性[27,36]、代謝作用[39]及抗病[34]與抗蟲性之篩選等研究，成效顯著。由於同功異構酶之生成受遺傳基因之控制，可供作爲遺傳指標之一，因此若能找出與其具連鎖關係之一些基因，即可利用來加速親本或雜交後代之選拔。此外，利用同功異構酶電泳之分離法尙具有如下之優點：(1)同功異構酶具有共顯性現象，可直接顯示作物之基因型，(2)所需之取樣量甚少，通常50～200mg即可進行分析，(3)分析方法簡單、迅速及靈敏度高，且所需設備並不昂貴，(4)一次製備可同時分析數種酵素，一天內可分析大量植株樣品，及(5)

表 1. 1989～1991年全球性根莖作物之生產情形
Table 1. Area, yield, and production of root crops in the world (1989～1991)*

Crop	Area harvested (1,000 ha)			Yield (kg/ha)			Production (1,000 MT)		
	89	90	91	89	90	91	89	90	91
Cassava	15,476	15,155	15,671	9,807	9,949	9,808	151,773	150,768	153,689
Sweet potatoes	9,130	9,247	9,260	13,668	13,531	13,628	124,798	125,124	126,187
Yams	2,104	2,141	2,546	8,078	9,793	9,385	16,995	20,966	23,893
Taro	984	932	987	5,474	5,554	5,799	5,387	5,173	5,724
Potatoes	—	17,728	17,784	—	15,094	14,503	—	267,586	257,929

*: Source: FAO QBS Vol. 6 No. 2 - 1993[26]

表 2. 1989～1991年各大洲根莖作物之生產情形
Table 2. Area, yield, and production of root crops in each continent (1989～1991)*

Continent	Area harvested (1,000 ha)			Yield (kg/ha)			Production (1,000 MT)		
	89	90	91	89	90	91	89	90	91
				A. yams					
Africa	1,962	2,012	2,414	8,064	9,869	9,422	15,822	19,835	22,742
N. C. America	58	60	61	5,734	5,725	5,965	335	344	362
S. America	50	35	37	7,284	8,147	8,038	362	285	297
Asia	16	16	16	12,345	12,453	12,374	192	198	202
Oceania	18	18	18	15,722	15,710	16,123	283	285	288
Europe	9	9	9	5,675	7,047	7,500	1	1	2
World	2,104	2,141	2,546	8,078	9,793	9,385	16,995	20,966	23,893
				B.cassava					
Africa	8,734	8,484	8,922	7,447	7,966	7,726	65,047	67,584	68,931
N. C. America	206	195	188	4,848	4,822	5,056	1,001	942	951
S. America	2,441	2,540	2,593	12,533	12,314	12,401	30,593	31,280	32,155
Asia	4,077	3,918	3,950	13,481	12,957	13,027	54,963	50,771	51,460
Oceania	17	17	17	9,942	11,040	11,060	169	191	191
Europe	—	—	—	—	—	—	—	—	—
World	15,476	15,155	15,671	9,807	9,949	9,808	151,773	150,768	153,689
				C.sweet potatoes					
Africa	1,285	1,432	1,342	4,825	4,931	4,825	6,203	7,117	6,473
N. C. America	200	192	185	6,818	7,180	7,028	1,362	1,377	1,300
S. America	136	141	140	10,123	10,221	10,436	1,372	1,443	1,457
Asia	7,389	7,362	7,469	15,595	15,561	15,570	115,235	114,558	116,291
Oceania	115	115	118	4,851	4,870	4,841	556	558	570
Europe	6	6	7	12,108	12,067	13,832	71	70	97
World	9,130	9,247	9,260	13,668	13,531	13,628	124,798	125,124	126,187
				D.taro					
Africa	786	731	786	4,270	4,211	4,543	3,356	3,079	3,570
N. C. America	2	2	2	9,594	9,690	9,794	22	23	24
S. America	1	1	1	11,238	11,111	11,111	13	7	7
Asia	149	150	151	11,236	11,509	11,830	1,673	1,731	1,788
Oceania	46	47	47	7,070	7,114	7,139	323	322	335
Europe	—	—	—	—	—	—	—	—	—
World	984	932	987	5,474	5,554	5,799	5,387	5,173	5,724

*: Source: FAO QBS Vol. 6 No. 2 - 1993[26]

幾乎任何組織部位均可利用來分析，採樣可以不犧牲植株，且較不受生長期之限制[8]。惟其可辨識之因子座較DNA層次之分析法爲少，且部分同功異構酶較不穩定，易受環境之影響，是其缺點，而且酵素之萃取、膠體及電極緩衝液之組成、pH值、電壓、酵素之受質、染液量與染色溫度、取樣部位、生理發育時期、種子品質及植株生長條件等，有時均足以影響酶譜分析之再現性[21,24]。惟利用各種同功異構酶之分析酶譜，應可供判別具較佳雜交組合力之親本，因而能提高育種成效。有關山藥同功異構酶之研究報告尚不多見，極少數之文獻如利用聚丙烯醯胺膠體電泳法來區分 *D. composita* 花藥與雌蕊中peroxidase之不同[29]；或利用等電點電泳法來區分 *Dioscorea* 屬中四個不同種葉片之 peroxidase 和 acid phosphatase[37]。至於山藥DNA層次分析方面之研究則更少，急待加强。

一年生山藥在本省栽培之塊莖產量介於12～40t/ha之間，依品種、地區及田間管理程度而異[2,10,11,15-17]，較全球山藥之平均產量9.4t/ha爲高。將採收之山藥洗淨泥沙，削皮後即可鮮食或烹調食用。於切片或切角後烘乾或磨成粉，可供製成各種加工產品。山藥供作鮮食用時，由於栽培時病蟲害甚少，噴藥率低，本身即爲一種健康清潔食物。惟因其肉質細膩鬆軟，口感味道較淡，若能與其他佐料或食物配合，則可製成許多營養豐富之極佳食品，如炸山藥片、山藥丸、拔絲山藥及四神湯等。供作加工時，可試製山藥片、山藥粉或山藥薯條，惟應先慎選適當品種，在塊莖品質上尤須注意符合含水率較低、色澤純白、不變色以及粘度較高等要求。供藥用時，可製成毛山藥、光山藥或山藥飲片等產品，可單獨或混合其他藥材使用。山藥之擔根體在我國自古以來即供作保健及藥用，『神農本草經』等本草典籍謂其性平、涼潤、味甘而無毒，能健脾胃、補肺腎及收澀固精，主治泄瀉久痢、消渴、虛勞、咳嗽、遺精、帶下及小便頻仍等，另具祛痰功效，民間用爲滋養强壯藥，古代名方如六味丸、八味丸、參苓白朮散、無比山藥丸、大山蕷丸以及坊間之四神湯中即有山藥[1,4,6]。此外，山藥之零餘子之效用亦不低於擔根體[5]，據『本草拾遺』謂:零餘子味甘溫、無毒，主補虛、强腰腳、益腎、食之不饑，功用强於薯蕷。山藥的營養成分甚爲豐富，依據中藥大辭典及試驗分析結果可知，其塊莖富含多種必需胺基酸、蛋白質及澱粉[15]，另具粘液質(mucin)、尿囊素(allantoin)、膽鹼(choline)、纖維素、脂肪、維生素A、B_1、B_2、C及鈣、磷、鐵、碘質等。特殊的山藥品種如 *D. colettii* Hook. f 等尚含有diosgenin及其他近似類固醇皂苷元結構，爲合成性激素及重要醫療用類固醇(medicinal steroids)的原料。上述成分之含量隨品種而異，利用選種或雜交育種將可增加含量。

本省之氣候土壤很適合發展山藥，且自生有不少山藥品種[12-14]。過去由於未能適地栽培、慎選品種及熟悉栽培與加工技術，所以產量不高、品質較差，經濟價值無法提高，以致各地只見少量與零星栽培，依據本所1991年初步調查結果可知，全省山藥之栽培面積約爲300公頃，生產較集中之產地爲屏東縣滿州與恒春、高雄縣甲仙、台南縣東山、白河與玉井、南投縣名間、竹山、中寮、集集與水里、雲林縣林內、苗栗縣三義、花蓮縣玉里、台東縣、台北縣瑞芳與雙溪、及嘉義市與縣。

總之，山藥是國際性重要農園藝作物之一，深具營養與保健價值，值得促銷推廣。若能

不斷改進山藥品種，以提高產量及增進品質，則其重要性將與日俱增，在發展上深具將來性。

內　容

一、山藥品種之多樣性：

山藥之種原繁多，形態各異，除了已被收集之8,200種外，尙有甚高比率之品種未被收集[23]。其一般爲多年生宿根蔓性草本植物，由地下擔根體、零餘子、種子、帶葉之莖節或組織培養培殖體[25]可發芽生根，並長成細長之莖蔓。葉由各節上生出，具長柄，對生或互生，呈盾形、心臟形、箭根形、長披針形或其他形狀，濃綠色、淡綠色或紫紅色，葉脈明顯，爲異網狀脈。入秋色呈黃褐後凋落，莖蔓亦漸枯萎。莖蔓細長可達6m以上，具回旋性，多分枝，光滑或有刺，形狀爲圓莖、方莖或方稜翼狀，部份山藥之莖蔓及葉柄具花青素。夏初部分種類可於莖節葉腋內著生小粒之珠芽，如*D. batatas*及*D. bulbifera*等，亦稱零餘子，成熟後易脫落且在地下發芽，可供利用爲繁殖栽培或食用之材料。珠芽呈圓形或橢圓形，或有不定形者，大小不一，一般長約2～3cm左右，表皮初時偶見綠色，以後呈褐色或銀褐色，表面有小突起，易發根，肉色與塊莖類似，功同塊莖。夏或秋間有些種類可於葉腋開花，花亦具多形性。利用塊莖切塊種植6～9個月，或零餘子繁殖者經過2～3年，地下擔根體可成長、充實與肥大。薯塊大小、重量與粒數因種類而異，有長達1m以上，重超過1kg者。薯塊形狀可分成長薯類、扁薯類如尾端寬廣呈銀杏葉狀或掌狀、塊薯類如圓形、橢圓形或不整形。多數種類之塊莖外皮粗糙，呈暗褐、淡褐、灰褐或紫紅等之變異。塊莖上根之生長、形狀與數量亦依品種不同而異。塊莖肉部顏色或白、乳白、黃、紫紅或含其他色素，以及其切面之褐化程度皆因品種而不同。

D. alata 爲所有山藥類植物中分佈最廣且品質與產量俱佳之種原，幾乎偏及全部熱帶地區，在西非地區有取代*D. rotundata*及*D. cayenensis*之勢，全球之年產量應不低於10×10^{6}t[30]。*D. alata*之植株性狀特具多形性，可以再細分成不少之種、亞種或許多類型之品種。如以其葉部與塊莖之特徵來分類*D. alata*，可得品種總數達數千種之多。由於分佈各地之品種數極多且形態變異大，因此*D. alata*在各地另有下列不同之別名，如大薯(greater yam)、亞洲大薯(Asian greater yam)、翼薯(winged yam)、白薯(white yam)、水薯(water yam)、十月薯 (ten-month yam) 及亞洲翼莖薯(Asian wingstemmed yam) 等。屬於*D. alata*之優良品種應具備如下之特性：(1)蔓與葉須生長旺盛、具抗病力及含較少量之花青素。(2)塊莖形短、整齊、表皮光滑、少根及具抗病抗蟲能力。(3)塊莖肉部含色素少或無、不易褐化、質地細緻。(4)煮後肉色白或乳白，且具香味。

源自印度半島與其鄰近島嶼如新幾內亞等，以及大洋洲諸島之*D. esculenta*在全球山藥之分佈與利用程度上排名第三，次於*D. alata*及*D. rotundata*。由於薯形較小，

重約100～200g，故又稱爲小薯(lesser yam)、馬鈴薯山藥(potato yam)或中國薯(Chinese yam)。由其莖蔓具刺與否又可分成 *spinosa* 及 *fasiculata* 二變種，以少或無刺之 *fasiculata* 較受人們喜愛。至今大部分之 *D. esculenta* 種原已成爲各地之栽培品種，以新幾內亞爲例，其品種數約有30～80種。少數之野生品種則散生於馬來西亞、新幾內亞及菲律賓群島。具有高產潛力之品種塊莖形狀較大，具較佳貯藏性，惟生育時期較長。若干經改良之品種具較短生長期，及較佳之食用品質，惟產量較差[30]。優良D. esculenta之品種特性應爲：塊莖形大且整齊，及較少不定根。

就非洲大陸尤其是西非地區而言，*D. rotundata* 即泛指山藥，其栽培歷史已達千年之久。*D. cayenensis* 則爲 *D. rotundata* 之近緣種。此二種非洲山藥除了具備更耐旱及更早熟等特性外，與 *D. alata* 及 *D. esculenta* 最大的不同，在於它們仍具有或多或少之開花受粉與結實能力[19]，實生苗取得較易。由於實生苗易生變異，故在西非地區存在有爲數眾多的相關品種，總數達500～2,500種之多，其中屬於 *D. rotundata* 品種之變異程度遠大於 *D. cayenensis*。此二種山藥具有許多共同特徵：如單葉、莖有刺、一年生及無珠芽等，但其葉形及塊莖肉色則互異，*D. rotundata* 之心形葉較狹小，塊莖肉色爲白色，後者之葉較闊大，且肉色通常爲黃色[30]，故前者又稱白薯，後者又稱黃薯。

同時源自亞洲及非洲兩地之 *D. bulbifera*，以其能生產可食用之大形珠芽，而有別於其他山藥種原，其重要性雖不如前述四種山藥，但因其除了能生產地上部之珠芽外，也能生產地下塊莖，且部分種類具有高產及特殊品質如香味等特性，故在熱帶地區之分佈亦廣。*D. bulbifera* 之品種可分爲亞洲種及非洲種二類，前者之珠芽較近圓形，後者則具多角或其他不定形。依色澤或有毒成分等特性，可再細分非洲種成senegambica、sylvestris、anthropophagorum、contralatrones、longipetiolata 及violacea等六種。依珠芽大小、特性及其他特徵，也可細分亞洲種成bulbifera、heterophylla、sativa及suavior等四種。在印度及東南亞有甚佳 *D. bublifea* 之食用品種，在高產及香味品質等方面一般較非洲種爲優。好的品種特性應爲珠芽形大、多數、形狀整齊且富甜味，此外尙須具抗病能力。

其他重要之山藥種原尙包括：具三小葉及毒性之 *D. dumetorum* (kunth) Pax、源自南美洲且具3～5深裂葉之 *D. trifida* L.、源自中國較耐寒且供藥用之 *D. opposita* Kunth (即 *D. batatas* Decne.)、源自日本且廣泛於中、日兩國栽培之 *D. japonica* Thunb. 及主要供作醫藥用途之 *D. mexicana*、*D. composita* 及 *D. floribunda*[32]等。在本省另有許多不錯之種原，如 *D. alata* L. var. *purpurea*、*D. japonica* var. *pseudojaponica* 及 *D. doryophora* 等品種，在形態與特性等方面之差異甚大。

二、山藥之開花與繁殖：

多數之山藥種原皆不開花，若開花則一般爲穗狀、圓錐或總狀花序，概爲單性花雌雄異株，少數爲雌雄同株。花小很不顯著，花被六片，通常連合。雄花數一般較雌花數爲多。雄花通常具6雄蕊，內側3雄蕊有時爲不稔性。雌花之花柱3枚，子房下位3室或1室，每

室含2個胚珠。果實爲生有3翼之蒴果，種子亦有廣翼，惟有時不生種子。

D. alata 爲雌雄異株，開花於地下塊莖正在形成時。花小，很不顯眼，雄花株較雌花株爲多，惟大多數之品種都不開花，若開花時，大多數之雄花或雌花亦具不孕性。雄花一般爲圓錐花序，綠色或白色，形小，直徑約1～2mm，雄蕊6枚發育良好，惟多數種類將不開裂，或只裂開少許，以致媒介昆蟲很難取得花粉，此外，大部分品種之花粉粒不是退化就是發育畸形。上述之異常現象只在少數野生種或原始品種爲例外。其雌花一般爲總狀花序，子房3室，於受粉後可迅速膨大，形成蒴果，惟結果率甚低，即或有蒴果形成，其內種子也常在成熟前萎縮退化[30]，故*D. alata* 之繁殖方式全賴塊莖，以無性繁殖方式進行。

D. rotundata 及*D. cayenensis* 一般爲雌雄異株，偶而可見少數爲雌雄同株。兩者之開花期皆甚早，於六月間即可開花，惟開花率甚低，且開花株中以雄花株較雌花株爲多，*D.cayenensis* 甚至只開雄花而少雌花。*D. rotundata* 之雄花一般爲穗狀花序，花形亦小，直徑約1-3mm，外圍有小苞葉，花被6片， 基部略合生，其3片花萼爲淺綠色，3片花瓣爲淺黃色，雄蕊6枚，輪生，花粉粒甚小，由於富含黏性，故無法進行風媒傳粉。*D. rotundata* 之雌花株很少，但*D. cayenensis* 更少，雌花一般亦爲穗狀花序，長約0.5cm，花被6片亦連生，子房3室，每室2胚珠，受精後每一蒴果內含6粒種子，種子具薄羽翼，便利傳播。*D. rotundata* 可利用種子及莖節扦插繁殖，但大部份仍利用塊莖進行繁殖[30]。

D. esculenta 雖爲雌雄異株，但罕見開花。繁殖時可利用莖段扦插或塊莖進行無性繁殖[30]。

D. bulbifera 之雄花爲總狀花序，於夏季甚易開花，外形近似雌花。花被顏色或綠、白或淡粉紅色。花具香味，容易吸引蜜蜂等昆蟲，以利傳粉。蒴果長約2-5cm，內含具薄翼之種子，種子很輕，百粒重約1g左右。新鮮種子之發芽力頗高，且實生苗於1年內即可達正常產量及開花，其他山藥種類未見有如此快速之生長現象。*D. bulbifera* 可利用種子、珠芽及地下塊莖進行繁殖[30]。

此外，亦能正常開花與結子的山藥種原尚有*D. dumetorum* 、*D. trifida* [32] 、*D. doryophora* 、*D. japonica* 及*D. japonica* var. *pseudojaponica* 等。

三、山藥之細胞遺傳：

經由顯微鏡檢山藥之花粉母細胞或根尖細胞可知，薯蕷屬植物染色體之基本數目爲9、10或12，通常爲10[30]。由於形狀特別小，所以鑑定過程非常冗長困難。由這些基數所衍生含奇數染色體數目之植株常致不孕。一般而言，產於熱帶之山藥之染色體數多而形小，產於溫帶者則數少而形大[32]。

D. alata 之染色體基數爲10，可能經極早時期品種間之雜交結果，而生成具30、50或70染色體數之多元體植株，惟大多數具雜種不孕現象。同一*D. alata* 品種內偶可見細胞染色體之變異現象，若能即時進行無性繁殖，固定性狀，應可育成新品種。*D. alata*

族群中雄花株數極多，惟雄花及雌花多具不孕性，故現存眾多品種之由來，若非早已存在，即係由其原始品種經體細胞突變，或曾經有性生殖雜交生成[30]。

D. esculenta 之染色體基數亦為10，若干西非品種經確認為四元體，即2n=40，有報告指出本種另有其他多元體植株如2n=90及100者[30]。由於本種植株罕見開花，故有關染色體之鏡檢報告甚缺。

D. rotundata 及 *D. cayenensis* 之染色體基數為9，偶而為10，在其族群中常見各具四元體及六元體之植株，染色體數分別各為36或54，其中四元體植株可進行正常之減數分裂，而六元體植株則否，因具不孕性。部分 *D. cayenensis* 植株具甚高之染色體數，如2n=140[32]。

亞洲型 *D. bulbifera* 植株之染色體基數為10，其族群中可見2n=40、60、80及100之多元體株型，而非洲型者之染色體基數為9或10，有染色體總數為36、40、54及60等之多元體株型。由染色體基數為 9所生成之多元體植株常具不孕性[30]。

四、山藥種原之蒐集與利用：

全球性山藥物種中以 *D. alata* L. 、*D. rotundata* (L.) Poir. 、*D. esculenta* (Lour.) Burk.、*D. cayenensis* Lam.及 *D. bulbifera* L. 之分佈最廣與利用最大。惟就東亞而言，*D. batatas* Decne.及 *D. japonica* Thunb.之利用甚為久遠，且較為普遍。而就本省而言，*D. alata* L.、*D. alata* L. var. *purpurea* (Roxb.) M. Pouch.、D. japonica Thunb. var. *pseudojaponica* (Hay.) Yamamoto及 *D. doryophora* Hance 亦頗具品種與利用特色。這些物種各含有或多或少之相關品種，種類十分繁雜，如 *D. alata* 之品種數即有數千種之多。作物之品種改良植基於量多且優良的種原[32]，種原之加強蒐集已成為本省山藥品種改良與生產利用之首要工作。

多年來台灣省農業試驗所(以下簡稱本所)即透過各種管道致力於山藥種原之蒐集工作，至今已由國內外引進90品系，其中以 *D. alata* 最多，有40品系，其次為 *D. alata* var. *purpurea* 有23品系、*D. esculenta* 有6品系及 *D. rotundata* 有5品系，其他之種原如 *D. japonica* 有2品系，*D. bulbifera*、*D. batatas*、*D. pseudojaponica* 及 *D. doryophora* 各只有1品系，另有10品系之學名急待鑑定。上述種原除了先行繁殖、觀察及進行性狀與產量之調查外，同時另進行開花習性、早熟性、抗病或抗蟲性、成分分析及其他特殊性狀的篩檢工作。而少數具開花結果能力之種原，將可供為雜交育種之材料，以培育具優良性狀之新品種。

五、山藥品系同功異構酶之分析：

取用本所現有山藥品系為材料，進行兩種電泳系統同功異構酶之分析，其一為聚丙烯醯胺膠體電泳法(polyacrylamide gel electrophoresis, PAGE)，另一為澱粉膠體電泳法(starch gel electrophoresis)，其目的在鑑定與分類本省現有之山藥種原。

1.聚丙烯醯胺膠體電泳法[3]：

秤取0.5g山藥塊莖上的嫩芽或植株葉片，加入液態氮、少許PVP及1ml之萃取緩衝

液(0.1MTris-Hcl pH7.5，0.002％ β-Mercapto ethanol，25％ glycerol，6％ PVP-40 ，0.05% Triton-100及0.03mM EDTA)磨成均質後，經二次離心(14,000 rpm，4℃,15分鐘)，做爲同功異構酶分析之樣品。電泳的設備是以 Bio-Rad 直立式平板電泳裝置，膠體爲 10cm×7.2cm×1.0mm之7.5% 聚丙烯醯胺 (polyacrylamide) (3M Tris-HCl， pH8.9) 的分析膠體(resolving gel)及3.1％聚丙烯醯胺的堆積膠體(stacking gel，0.5M Tris-HCl，pH6.7)。將15υl之樣品點樣後，加入追蹤染劑(Bromophenol Blue 0.2 mg溶於50%甘油v/v中)，即進行電泳層析。開始時電源固定爲每片膠體 8mA，待跑完stacking gel後，電流調到12mA。在追蹤染劑之標記線到達膠體底部時，關掉電源，即可進行酵素活性染色。酵素活性染色係採Tanksley及Orton氏之方法。分析之酵素種類如下：(1)過氧化酵素(peroxidase，PRX),(2)酯酶(esterase，EST)，(3)草醯乙酸轉胺酶(glutamate oxaloacetate transaminase，GOT)，及(4)酸性磷酸酶(acid phosphatase，APS)。

2.澱粉膠體電泳法：

取1g山藥展開健康葉片，洗淨拭乾後以液態氮充分磨碎，再加入少許PVP粉末(約20mg)和1ml之萃取液(50% glycerol，1％ glutathione，3mMNa_2EDTA，0.01M $NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$，0.084M Na_2HPO_4 ，pH 7.5)，迅速混合均勻後，倒入離心管(40ml OaK Ridge)。經20分鐘離心後(15,000rpm，4℃)，迅速將上清液移入Eppendorf tube，保存於-20℃備用。所萃取之樣品皆在兩週內完成電泳分析，電泳時主要係根據陳和李[9]之方法，以吸有樣品之濾紙片插入膠體中。電泳膠使用含10%澱粉和0.3%瓊脂(agarose)之混合膠體。製作時先將澱粉(Connaught Laboratories LTD.)和瓊脂(Sigma A-6877)分別倒入裝有定量Histidine緩衝液之三角瓶中，以便分開加熱。加熱過程中，瓊脂將比澱粉先溶解而呈透明狀，溶解後的瓊脂隨即倒入尙在加熱之澱粉中，繼續加熱至開始滾沸，再經抽氣後隨即倒入膠模。所製成之膠體呈倒U字形，可直接與電泳液(tank buffer)接觸，因爲不需使用鹽橋，可增加通電效果。電泳膠可於當天製作，或於前一天傍晚做好，再以保鮮膜封住，置於25℃中備用。電泳時係將倒U型膠模橫跨於正、負電極之兩個電泳槽上，膠模之兩個邊腳分別伸入於兩槽中；槽之內部尺寸爲20×6×5(cm)(長×寬×高)，內各裝400ml之Histidine電泳液，使膠體不需藉助鹽橋即可和電泳液充分接觸。當樣品放入膠體內以後，在膠體上蓋以一層保鮮膜，以爲電絕緣並防乾燥。其上面再放置一個平底壓克力淺盤，盤內加少許水，再放置一塊藍冰，以爲降溫之用。將偏植物樣品的膠體端接上負電，另一端則爲正電，採用定電流方式，每片膠體設定爲100mA。整個裝置放於室溫中 (約25℃)，電泳所需時間爲3～4小時。停掉電力後，將膠體放入-20℃凍箱中三分鐘，再取出切下中間部份，以陳和李[9]之方法將其水平割切成6～7片，丟棄最上和最下之兩片，其餘各片分別染不同之酵素。染色時係根據Vallejos之方法。分析之酵素包括MDH (malate dehydrogenase)、PER(peroxidase)、SKDH (shikimate dehydrogenase)、PGI (phosphohexose

isomerase)、PGD (6-phosphogluconate dehyrogenase) 及 PGM (phosphoglucomutase)。

3.電泳結果：

根據PAGE同功異構酶電泳分析結果可知[3]，就過氧化酶(PRX)而言，屬於 *D. alata* 及 *D. alata* var. *purpurea* 之山藥品系在Rf=0.2處具有相同條帶，而 *D. esculenta* (Lour.)Burk在 Rf=0.2及Rf=0.28處各具一條帶，可資分別。就草醯乙酸轉胺酶(GOT) 而言，同屬於 *D. alata* 之70W04 較山藥台農1號在Rf=0.45處多一條帶。此二品系在Rf=0.2及0.6另有共同條帶，而屬於 *D. alata* var. *purpurea* 之70R01及80R04則在Rf=0.17及0.63處有條帶，前後互異。另外根據澱粉膠體電泳法之結果可知，就山藥種內及不同種間品系之鑑定，可利用 MDH、SKDH、PER及PGI等四種同功異構酶譜加以明確區別。有關利用電泳來鑑別山藥種原之研究，本所正深入探討中。

六、育種目標：

山藥一般皆爲雌雄異株，惟多具不稔性，不易進行雜交育種，故多年來本所即致力於山藥種原之蒐集，以期篩選優良山藥品系，改進其栽培方法，及開發多元化加工技術與產品。針對山藥之植物特性及國內栽培山藥之缺點與困難，本所初擬進行山藥品種改良之目標有下列六項：

1.高栽培適應性及穩定性：希望新品種能適應全省各地之生長環境，且對逆境之敏感度較低，使其在逆境時亦能維持一定之生產表現。

2.高產及質優：山藥之生長時間約爲八個月左右，係屬於較長期之作物，在產量上自應有一定之要求標準。此外，山藥雖爲營養價值很高的作物，但品種間之品質如維生素含量及蛋白質含量，尤其含硫氨基酸含量之變異性甚大，在選育品種時應注重相關品質之提高。

3.早熟性：山藥之生育時期依品種而不同，由5個月至10個月不等，晚熟性山藥品種一般之產量較高，但爲了調節山藥之產期，早熟性山藥之選育亦具重要性。

4.抗病及抗蟲性強：炭疽病及紅蜘蛛爲本省山藥生產之主要病蟲害來源，若防治失當，則將嚴重危害山藥之生長與產量，故選育品種時，應特別注意抗病、蟲或毒素病植株之篩選。

5.耐貯性佳：山藥無法週年生產，且收穫期不長，此均將減低山藥之利用價值，若能篩選耐貯性佳之品種，將可增大山藥之利用性。

6.適合多元化加工與利用之需要：由於山藥用途廣泛，品質影響其利用途徑及經濟價值甚鉅，爲提高山藥的利用價值，在品種選育上宜注重加工品質如塊莖色度及粘度等特性之篩選，並試行多元化加工利用可行性之開發探討。因加工製品較易貯放，材料之需要量較大，且附加價值較高，如此將更能提高農民之收益。此外，山藥除了地下塊莖或地上零餘子可供生產及利用外，若能篩選質量均優適合蔬菜利用之莖葉品系，則對本省葉菜類之生產尤其是夏季蔬菜之提供，將增加一新來源。

七、山藥之育種方法：

由於大多數*D. alata* 之植株不易開花，一旦開花時，其雄株及雌株因具不孕性，種子不易生成，故傳統雜交育種極爲困難。由於現有品種之變異性甚大，故極有可能在最早演化時期曾有雜交現象，或曾有體細胞之突變。針對*D. alata* 之品種改良，目前較有可行性的應爲選擇育種，可就塊莖比重較大、澱粉顆粒較細、高蛋白質含量及氨基酸組成較佳且均衡等特性，尤其具較多含硫之氨基酸如甲硫氨基酸等，進行選種。此外，花青素含量較高之品種由於較易褐化、塊莖常易分歧且農藝性狀較差，而黃肉之品種可能有維生素含量較高之傾向，這些都可在進行選種時列入考慮。

由於*D. esculenta* 之栽培種不易開花或根本無花，亦不可能進行雜交育種工作。惟快速之品種改良仍可經由引種及選種獲致成果。其過程爲進行早期世代之穴選，以篩選優良品系,去除罹病、蟲及病毒植株。無病毒植株經篩選後另須進行隔離栽培。惟至今針對薯形及少根等性狀之穴選效果並不顯著[30]。

D. rotundata 爲所有山藥類植株中仍具雜交受粉能力之種原，現今不少之改良品種即係經由雜交及實生苗之篩選育成。由於部分植株具雌雄同株特性，較方便進行授粉，使雜交育種之可行性更大。位於奈及利亞之國際熱帶農業研究所，及在波多黎各之美國農部研究人員，正積極進行*D. rotundata* 等之育種工作，其育種目標爲塊莖形狀與大小之改良、抗病力及食用與加工品質之提升等[30]。

D. bulbifera 爲最有可能進行雜交育種之山藥種類，雖然部分之雄花與雌花仍具不稔性,但栽培園中若雄株與雌株量多且相距不遠，則仍有可能進行雜交工作及採收種子。現今亞洲或非洲衆多之不同品種應係由雜交育成[30]。

八、本省山藥之品種改良：

1.山藥台農1號之育成[17]

民國56年農復會(今農業委員會)組成園藝作物考察團，自國外如千里達等地區引進數個山藥品種，經本所隔離檢定無病蟲害感染源後，利用塊莖繁殖，並進行多年之觀察、馴化及適應試驗，初步發現千里達品系之農藝性狀及產量表現比本省大多數品種爲佳，且品質優良，頗符合本省山藥之育種目標，值得選定爲優良育種材料。爰自民國66年起至79年止，依序進行兩年品系觀察試驗、兩年品系產量比較試驗、四年區域試驗及多項栽培試驗。栽培試驗項目包括化學及有機肥料試驗、行株距試驗、植期試驗及塑膠布覆蓋試驗等，此外另進行塊莖貯藏試驗、營養成分及加工品質測定。經資料整理、分析、研判及撰寫命名資料後，提請命名，並在80年11月29日獲審通過，登記爲山藥台農1號。山藥台農1號之品種特性如下：

(1)用途別：食用、加工用及藥用。

(2)植株形態：爲薯蕷科薯蕷屬蔓性多年生植物。莖及葉柄四稜形有翼，平滑無毛。葉對生但初生時互生。葉片基部心狀，全葉似長卵形，先端尖形，葉長8至16cm，寬5至8cm，葉脈7至9條。在本省栽培之植株未曾開花。

(3)塊莖之性狀：塊莖肉質，褐皮白肉，近圓形或橢圓形。

(4)產量：本種塊莖平均公頃產量介於22～38公噸，視土質及管理而定。

(5)生育日數：自種薯種植至採收需時8個月。

2.山藥優良品系70W04之選育[18]

山藥優良品系70W04在植物分類上近似於 *D. alata* L.，而山藥台農1號則具有典型大薯或田薯(*D. alata* L.)之特性，二者同屬晚熟型白肉山藥。由三個連續栽培年度及三個不同地點之試驗結果可知，70W04及山藥台農1號在單株平均塊莖收量、田間成活率及塊莖公頃產量三方面之表現均甚佳且穩定，二者同具有31t/ha之生產能力，較中熟型白肉山藥品系70W03及早熟型紅肉之70R01爲高。由不同海拔之試驗結果可知，較高海拔對中及晚熟型白肉山藥塊莖性狀及產量之影響極大，對70R01之影響則較小，70W04、70W03及山藥台農1號在800m羅娜地區之產量分別只爲10.9t/ha、10.1t/ha及10.4t/ha，而70R01仍有13.7t/ha之產量。70W04之生育期爲8個月，但在6個月時其塊莖公頃產量即超過21t/ha，可依市場需要調整決定採收時期。利用塑膠穴管栽培時，70W04於8個月生長期之產量可達27.6t/ha，約爲一般種植方式之84.4%，但採收極爲方便，且塊莖較長，外觀平直光滑，不易傷損，穴管栽培70W04極具參考利用價值。70W04塊莖皮薄肉厚，富含蛋白質(13.3%)與澱粉，另具礦物元素P、K、Ca、S、Mg及微量元素Fe、Cu及Zn等成分。此外，其肉質味美、粘度甚高、顏色潔白、且不易褐化，深具食用、加工用及保健價值。70W04有別於其他山藥品系之另一特色爲其葉蔓產量甚高、營養豐富且組織質地細緻可口，經評估後有可能成爲本省夏季蔬菜之良好供源。

參考文獻

1. 山藥促銷與編輯小組，1993. 山藥之利用與栽培。台灣省農業試驗所及花蓮區農業改良場編印。
2. 王昭月，賴永昌，譚增偉，劉新裕，1992. 山藥之生產促進及省工栽培研究。中華農業研究，41：43-52。
3. 王昭月，劉新裕，宋麗梅，高介志，1993. 山藥不同品系間之變異性研究。中華農業研究，42：280-291。
4. 行政院衛生署中藥典範編輯委員會，1985. 山藥。中華民國中藥典範第一輯，pp：577-579及660-664。
5. 那琦，甘偉松，楊榮季，1978. 台灣產藥材之生藥學研究(IV)台灣產零餘子之生藥學研究。中國醫藥學院研究年報，9：330-375。
6. 林俊清，1986. 山藥。新編生藥學(第I集)，高雄醫學院出版，高雄市，pp：116-123。
7. 陳文輝，謝瑞旻，蔡娟婷，吳俊謙，邱明森，傅仰明，1993. 台灣蝴蝶蘭之品種改良。作物之遺傳育種及生理栽培研討會專集 I 。台中區農業改良場編印，PP：75-95。

8. 陳榮芳，1993. 種苗品種純度鑑定技術。 園藝種苗產銷技術研討會專集II，PP：45-58 。

9. 陳福旗，李弘文，1988. 簡易澱粉膠體電泳裝置及其在同功異構酶上的應用。中華農業研究，37：24-31。

10. 張進益，1988. 山藥。經濟植物集，豐年社出版，pp：44-49。

11. 彭德昌，1988. 利用塑膠管栽培長形山藥。豐年社出版，豐年 38：49-52。

12. 楊恭毅，陳運造，1984. 楊氏園藝植物大名典：*Dioscorea* L. 薯蕷屬.pp：3274-3283。

13. 劉棠瑞，黃增泉，1962. 台灣之薯蕷屬植物。Botanical Bulletin of Academia Sinica 第三卷，台北市。

14. 劉棠瑞，黃增泉，1978. *Dioscoreaceae* 薯蕷科。Flora of Taiwan, pp：100-109。

15. 劉新裕，1989. 千里達山藥之生產能力與品質分析研究。中華農業研究，38：312-325。

16. 劉新裕，呂秀英，王昭月，賴永昌，1990. 環境因子對山藥生長與產量之影響。中華農業研究，39：287-296。

17. 劉新裕，王昭月，徐原田，段中漢，1992. 山藥台農1號之育成。中華農業研究，41：140-158。

18. 劉新裕，王昭月，宋麗梅，高介志，1993. 山藥優良品系70W04之選育、栽培與品質研究。中華農業研究，42：265-279。

19. Akoroda, M. O., 1983. Floral biology in relation to hand pollination of white yam (*Dioscorea rotundata*). Euphytica 32：831-838.

20. Bradbury, J. H. and W. D. Holloway, 1988. Chemistry of Tropical Root Crops. Australian Centre for International Agricultural Research. Canberra. pp：27-98.

21. Brown, A. H. D. and Weir, B. S., 1983. Measure genetic variability in plant populations. In："Isozymes in Plant genetics and breeding" (Tanksley, S. D. and T. J. Orton eds.) Part A. pp：425-440. Elsevier Sci. Publ. Amsterdam.

22. Chandra, S., 1984. Tropical root crop statistics：A world perspective. In：Proceeding：sixth symposium of the International Society for Tropical Root Crops. International Potato Center. pp：41-46.

23. Chang, T. T., 1992. Availability of plant germplasm for use in crop improvement. In：Plant breeding in the 1990s. H. T. Stalker and J. P. Murphy (eds.). C. A. B. International, Qxon. pp：17-35.

24. Chen, L. F. O., 1989. Protein and isozyme markers in plant genetics. In：C. S. Chen and D. Tu.(eds.) plant Molecular Biology, Proceeding of the symposium in celebration of the 60th anniversary of academia Sinica.(In chinese) pp：93-102.

25. Datta, s. k., k. Datta, and P. C. Datta. 1982. Propagation of yam (*dioscorea composita*) through tissu culture. In : Proceeding : Tissue culture of economically important plants. pp : 90-93.

26. FAO Quarterly Bulletin of Statistics, 1993. FAO Publication. vol. 6 No. 2.

27. Gleba, Y. Y. and K. M. Sytnik, 1984. Protoplast fusion : Genetic Engineering in High Plants. Springer-Verlag,Berlin.

28. Jarret, R. L. and R. E. Litz, 1986. Isozymes as genetic markers in Bananas and plantains. Euphytica 35 : 539-549.

29. Koul, P. and R. Bhargava, 1986. Association of isoperoxidases with microspore differentiation in plants. Phytomorphology 36 : 117-120.

30. Martin, F. W., 1976. Tropical yams and their potential series. Part 1 : *Dioscor eaesculenta* , Part 2. *D. bulbifera* , Prat 3. *D. alata* , Part 4. *D. rotundata* and *D. cayenensis* . USDA Agriculture Handbook No. 457, 466, 495 and 502, respectively.

31. Morden, C. W., J. F. Doebley and K. F. Schertz, 1988. Genetic control and subcellular localization of Aconitase isozymes in Sorghûm. J. Heredity 79 : 294-299.

32. Onwueme, I. C., 1978. Origin, classification, and growth cycle of the yam plant. The Tropical Tuber Crops. Pitman Press, New York. pp : 3-16.

33. Orton, T. J. 1983. Application of isozymes technology in breeding crossed pollination crops. pp : 363-376. In : S. D. Tanksley and T. J. Orton (eds.). Isozymes in plant Genetics and Breeding. Part A. Elsevier, Amsterdam.

34. Seevers, P. M., J. M. Doly and F. F. Catedral, 1971. The role of peroxidase isozymes in resistance to wheat stem rust disease. Plant Physio. 48 : 353-360.

35. Tindall, H. D., 1983. *Dioscoreaceae* . Vegetable in the Tropics. Macmillan Press London. pp : 201-224.

36. Trippi, V. S., 1971. Changes in the pattern of some isoenzymes of the corolla after pollination in *Phalaenopsis amabilis* Blume. Plant Physio. 48 : 506-508.

37. Twyford, C. T., A. M. Viana, A. C. James, and S. H. Mantell, 1990. Characterization of species and vegetative clones of *Dioscorea* food yams using isoelectric focussing of peroxidase and acid phosphatase isoenzymes. Trop. Agric. 67 : 337-341.

38. Vallejos, C. E., 1983. Enzyme activity staining. In : S. D. Tanksley and T. J. Orton (eds.), Isozymes in plant genetics and breeding. Part A. Elsevier, New York. pp : 469-516.

39. Weng, J. H. and C. Y. Chen, 1987. Carbondioxide exchange rates and isozyme patterns of some indica and japonica rice varieties. pp : 143-150. In : Proceeding of Crop Exploration and Utilization of Genetic Resources.

40. Yamaguchi, M., 1983. Yam. Vorld Vegetable. AVI publishing company. U.S.A : pp : 139-147.

Root Crop Yield Improvement, Processing and Utilization : 71~86 (1994)

Varietal Improvement of Yam (*Dioscorea* spp.)

S. Y. Liu, J. Y. Wang, Y. T. Shyu, and L. M. Song
Taiwan Agricultural Research Institute, Wufeng, Taichung, Taiwan, Republic of China.

ABSTRACT

Yam is one of the most important root crops due to its high yield potential and nutritional value. It is distributed in almost every part of the tropics and subtropics and possesses a wide diversity in its genetic background. The collection of yam germplasm resources is particularly imperative to the successful varietal improvement of yam in Taiwan. A total of 90 genotypes belonging to five most productive yam species in the world, i.e., *D. alata* L., *D. esculenta* (Lour.) Burk., *D. rotundata* (L.) Poir., *D. cayenensis* Lam., and *D. bulbifera* L., and four promising species in Taiwan, i.e., *D. alata* L., *D. alata* L. var. *purpurea* (Roxb.) M. Pouch., *D. Japonica* Thunb. var. *pseudojaponica (Hay.) Yamam., and D. doryophora* Hance has been collected and propagated by Taiwan Agricultural Research Institute. A number of traits including agronomic and cytological characters, yield performance, flowering habit, isozyme patterns, disease and insect resistances, and chemical composition have been investigated on all or part of those genotypes. With the exception of a few species, e. g., *D. rotundata* varietal improvement by conventional method is difficult because of the low frequencies of flowering and seed-setting.Therefore, introduction and subsequent selection of the introduced germplasm have been adopted in the breeding programs. A new yam variety, Tainung No. 1 and a superior line, 70W04 have been selected for their high yield potential, quality, wide adaptability, long shelf life, and processing feasibility. The leaves and vines of line 70W04 are very productive and are thus recommended as good sources of summer vegetable due also to their high nutritional value and fine texture.

(Key words : yam (*Dioscorea* spp.), germplasm, breeding, agronomic traits.)